

Large deformation apparatus, the deformation method and the deformed metallic materials

Publication number: DE60010968T

Publication date: 2005-06-09

Inventor: NISHIDA YOSHINORI (JP); KUME SHOICHI (JP); IMAI TSUNEMICHI (JP)

Applicant: NAT INST OF ADVANCED IND SCIEN (JP)

Classification:

- International: **B21C23/00; B21C23/01; B21C25/02; B21J1/02; B21J5/00; B21J5/02; B21J9/02; B21J13/08; B21C23/00; B21C23/01; B21C25/00; B21J1/00; B21J5/00; B21J9/00; B21J13/00; (IPC1-7): B21J5/00; B21J9/02**

- European: **B21C23/01; B21J5/00; B21J5/02; B21J9/02; B21J13/08; B21J13/08B**

Application number: DE20006010968T 20000228

Priority number(s): JP19990101956 19990409

Also published as:

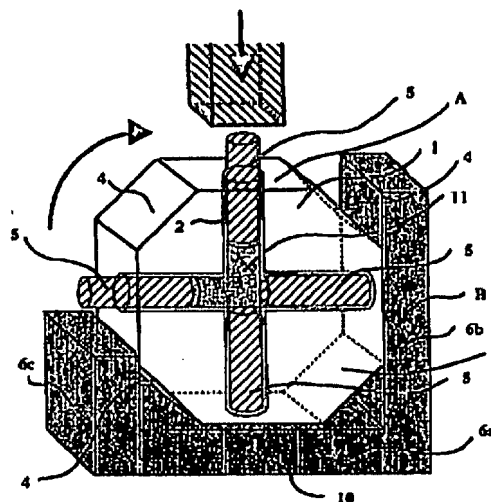
EP1044741 (A2)
US6209379 (B1)
JP2000288675 (A)
EP1044741 (A3)
EP1044741 (B1)

Report a data error here

Abstract not available for DE60010968T

Abstract of corresponding document: **EP1044741**

The present invention relates to a large deformation apparatus for metal-based materials that comprises a mold A, a support mechanism B for supporting the mold A, and a rotary mechanism C for rotating the mold A, wherein the mold A comprises a mold body 1, four holes 2 that pass through the mold body 1 and intersect in its interior, and engagement means 3a for engaging the rotary mechanism C, each hole 2 being provided with a punch 5 that can slide or otherwise move with friction in relation to the hole 2 and that extends from the end face of the mold body 1 to the intersection of the holes 2; the support mechanism B comprises restraint plates 6a, 6b, and 6c for restraining the external end faces of the mold body 1 having holes 2, and holding plates 7a and 7b for holding the mold body 1; and the rotary mechanism C comprises engagement means 3b for engaging the engagement means 3a, rotary means 8, connection means 9 for connecting the engagement means 3b and the rotary means 8, and to a method for applying large deformation to a metal-based material with the aid of the apparatus, and further to a metal-based material subjected to large deformation by the method.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 10 968 T2** 2005.06.09

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 044 741 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 10 968.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 104 093.0**

(96) Europäischer Anmeldetag: **28.02.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.10.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **26.05.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **09.06.2005**

(51) Int Cl.: **B21J 5/00**
B21J 9/02

(30) Unionspriorität:

10195699 09.04.1999 JP

(73) Patentinhaber:

**National Institute of Advanced Industrial Science
and Technology, Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Nishida, Yoshinori, Kasugai-shi, Aichi 487-0032,
JP; Kume, Shoichi, Tsushima-shi, Aichi 496-0023,
JP; Imai, Tsunemichi, Nagoya-shi, Aichi 462-0863,
JP**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Verformung von metallischen Werkstoffen sowie verformten metallischen Werkstoffen**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**Hintergrund der Erfindung****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Methode der Großumformung für Materialien auf Metallbasis und betrifft spezieller einen Apparat zur Großumformung zur Verringerung der Kristallkorngröße von plastisch verformbaren Materialien und bevorzugt Materialien auf Metallbasis und Verbundstoffmaterialien auf Metallbasis, indem die Materialien einer kontinuierlichen Großumformung ohne Entnahme dieser Materialien aus der Form unterzogen werden; und betrifft ein Verfahren zur Umformung dafür sowie ein Material, das einer solchen kontinuierlichen Großumformung unterzogen wurde und indem die Kristallpartikel der Matrix auf eine Korngröße von 10 µm oder weniger reduziert wurden (siehe beispielsweise die US-A-5 513 512).

2. Beschreibung des verwandten Gebietes

[0002] Es ist allgemein gut bekannt, dass die Verringerung der Kristallkorngröße eines polykristallinen Materials wirksam zur Verbesserung der Festigkeit und Duktilität dieses Materials beiträgt. In der herkömmlichen Praxis werden daher die Kristallkörner von plastisch verformbaren Materialien, die durch Materialien auf Metallbasis ausgezeichnet sind, zerstört und rekristallisiert, um eine kleinere Kristallkorngröße zu erzielen, indem eine plastische Verformung auf der Grundlage von Extrusion oder Walzen bei einer hohen Temperatur oberhalb der Rekristallisationstemperatur ausgeführt wird. Die Arbeitsmaterialien sind hinsichtlich ihrer Nachverarbeitungsform im Fall der Extrusion auf eine Walzdrahtform und im Fall des Walzens auf eine Dünoblechform beschränkt, wobei diese Formbeschränkungen den Nachbearbeitungsanwendungen dieser Materialien Grenzen setzen.

[0003] Im Gegensatz dazu ist das "Equal-Channel Angular Pressing" (ECA) ein Verfahren, bei dem ein Arbeitsmaterial einer Scherverformung bei einer Temperatur unterhalb des Schmelzpunktes des Materials unterzogen wird, indem es durch eine gekrümmte Bohrung läuft, die dadurch erhalten wird, dass der mittlere Abschnitt einer durchlaufenden Bohrung in einem bestimmten Winkel gekrümmt wird. Bei diesem Bearbeitungsverfahren kann das Material einer großen plastischen Verformung mit minimalen Änderungen in der äußeren Form des Materials vor und nach dem Umformen unterzogen werden, wodurch es möglich wird, dass die Größe der Kristalle, die das Arbeitsmaterial aufbauen, verringert wird. Ein Beispiel für diese Methode ist das in der Veröffentlichung von Horita et al. (Material Japan, Bd. 37, 767-774 (1998)) beschriebenen Verfahrens und speziell ein solches, wie es in den beigefügten Zeichnungen gezeigt wird.

[0004] Wie detailliert unter Bezugnahme auf die vorgenannten Zeichnungen beschrieben wird, ist dieses Arbeitsverfahren ein solches, bei dem das Arbeitsmaterial durch eine gekrümmte Bohrung läuft, wobei jedoch eine einzige Passage zur Verringerung der Größe der Kristalle, die das Material aufbauen, unzureichend ist, so dass eine große Umformung mindestens mehrere Male wiederholt werden muss, und zwar in der Regel 10 Mal oder mehr. Mit anderen Worten, muss das Arbeitsmaterial in der Regel durch die gekrümmte Bohrung gezogen werden, nachdem es auf die Arbeitstemperatur erhitzt worden ist. Dementsprechend muss das Arbeitsmaterial wiederholt aus dem Formaustritt entnommen und in den Formeintritt nach Durchlauf durch die gekrümmte Bohrung eingesetzt werden und muss somit bis zur Umformtemperatur nach dem Einsetzen in die Form erhitzt werden, da die Temperatur des Arbeitsmaterials unvermeidlich abnimmt, wenn das Material aus der Form entnommen wird.

[0005] Der daraus resultierende Nachteil besteht darin, dass komplizierte Prozeduren ausgeführt werden müssen, um die Temperatur des Arbeitsmaterials zu regeln, und dass bei jedem Arbeitsgang dafür gesorgt werden muss, dass die Wärmeenergie im Einklang mit der Temperaturverringerung des Arbeitsmaterials steht, was zu einem Prozess führt, der wirtschaftlich seine Nachteile hat und der zeitaufwendig und ineffektiv ist, weil man warten muss, bis die Temperatur den Arbeitswert wieder erreicht. Darüber hinaus wird das Arbeitsmaterial der Atmosphäre ausgesetzt, und liegt einer Oxidation (was von der Zusammensetzung des Materials abhängt) und ruft für die Arbeiter ein Verbrennungsrisiko hervor.

[0006] Es besteht daher ein dringender Bedarf nach einem Apparat und einem Verfahren, die es ermöglichen, dass ein Arbeitsmaterial im Inneren der Form gehalten wird, die mit einer gekrümmten Bohrung versehen ist, um kontinuierlich der vorgenannten großen plastischen Umformung unterzogen zu werden, ohne dass es aus der Form entnommen werden muss, um wiederholt der vorgenannten großen plastischen Umformung unterzogen zu werden.

[0007] Nach einem anderen Verfahren zur Anwendung einer Großumformung werden Materialien als Walzdraht oder dünne Teile durch wiederholtes Einsetzen und Entnehmen in bzw. aus durchgehenden Bohrungen mit variablem Durchmesser entsprechend den Methoden des mechanischen Legierens geformt (Aizawa et al., Kinzoku (Metall), Bd. 65 (1995), 1155–1161). Da ein mechanisches Legieren das Verarbeiten von Pulverproben umfasst, unterscheidet es sich nicht nur von dem Verfahren der Großumformung der vorliegenden Erfindung in seiner Beschaffenheit, sondern es besteht auch die Gefahr der Rissbildung auf der Oberfläche des Materials, wenn es sich von einer kleineren Bohrung zu einer größeren Bohrung bewegt; und da lediglich ein kleiner Betrag der Energie zum Verarbeiten auf das unbearbeitete Material aufgebracht wird, sind mehrere hundert Arbeitsgänge (abhängig von dem Material) erforderlich, die ausgeführt werden müssen und zu einem extrem zeitaufwendigen und ineffizienten Prozess führen.

[0008] Nach einem anderen Verfahren wird ein Material einer Großumformung unterzogen, indem es alternierend in vertikalen und horizontalen Richtungen (Fujita et al., Kinzoku (Metall), Bd. 65 (1995), 1143–1154) eingeschoben und gezogen wird, wobei dieses Verfahren ähnlich der vorstehend beschriebenen Aizawa-Methode insofern ist, dass es die Ausführung eines mechanischen Legierens umfasst. Darüber hinaus ist dieses Verfahren zum Verarbeiten von Massengut gänzlich ungeeignet, da es ein Aufteilen des Arbeitsmaterials in zwei axiale Richtungen erforderlich macht. Dieses Verfahren lässt sich daher nicht als eine Möglichkeit zur Lösung der vorstehend beschriebenen Probleme anwenden, so dass eine dringende Notwendigkeit zum Auffinden einer solchen Möglichkeit weiter besteht.

[0009] Es sind Untersuchungen über den Umfang der Großumformung in Arbeitsmaterialien während ihrer ECPA-Verarbeitung in Bohrungen mit Krümmungswinkeln von etwa 120° und 90° ausgeführt worden und es ist festgestellt worden, dass ein Winkel von 90° eine größere Umformung ermöglicht.

[0010] Angesichts der vorstehenden Ausführung und als Ergebnis wiederholter und aufwendiger Forschungsarbeiten, die unter Berücksichtigung des vorstehend beschriebenen Standes der Technik und mit dem Ziel ausgeführt wurden, ein Verfahren zum Aufbringen einer Großumformung und eines kontinuierlichen Verarbeitens eines Materials in einer Form zu entwickeln, ohne dieses Material aus der Form zu entnehmen, so dass die Erfinder schließlich die vorliegende Erfindung bei der Entdeckung abgeschlossen haben, dass die Anwendung eines Apparates mit einem Aufbau, wie er nachfolgend beschrieben wird, die kontinuierliche Ausführung einer Großumformung an einem Material ermöglicht, ohne dass das Material wiederholt in die Form eingeführt werden muss.

[0011] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines Apparates zur Großumformung für ein Material auf Metallbasis, mit dem es möglich ist, Materialien einer Großumformung zu unterziehen, die kontinuierlich einer Großumformung im Inneren einer Form ausgesetzt sind, ohne dass sie aus der Form entnommen werden müssen; und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Arbeitsverfahren dafür zu schaffen sowie ein Material zu gewähren, dessen Kristallkörner hinsichtlich der Größe und der Anwendung einer solchen Großumformung verringert werden können.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Die vorliegende Erfindung gewährt einen Apparat zur Großumformung nach Anspruch 1 sowie ein Verfahren zur Großumformung nach Anspruch 3.

[0013] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Apparat zur Großumformung für Materialien auf Metallbasis, der eine Form A aufweist, einen Support-Mechanismus B zum Halten der Form A und einen Drehmechanismus C zum Drehen der Form A. Die Form A weist einen Formkörper 1 auf, 4 Bohrungen 2, die durch den Formkörper 1 hindurchgehen und sich in dessen Inneren schneiden, und eine Einrückvorrichtung 3a zum Einrücken des Drehmechanismus C. Jede Bohrung 2 ist mit einem Stempel 5 versehen, der sich in Bezug auf die Bohrung 2 gleitend oder auf andere Weise unter Reibung bewegen kann und sich von der Stirnseite des Formkörpers 1 bis zum Schnittpunkt der Bohrungen 2 erstreckt. Der Support-Mechanismus B weist Einspannplatten 6a, 6b und 6c zum Einspannen der äußeren Stirnseiten des Formkörpers 1 mit den Bohrungen 2 sowie Halteplatten (7a und 7b) zum Halten des Formkörpers 1 auf. Der Drehmechanismus C weist eine Einrückvorrichtung 3b zum Einrücken der Einrückvorrichtung 3a auf, eine Drehvorrichtung 8, Verbindungsvorrichtung 9 zum Verbinden der Einrückvorrichtung 3b und der Drehvorrichtung 8. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Anwenden einer Großumformung auf ein Material auf Metallbasis mit Hilfe des vorstehend beschriebenen Apparates und betrifft ein Material auf Metallbasis, das mit Hilfe des vorstehend beschriebenen Verfahrens zur Großumformung einer Großumformung unterzogen wird.

[0014] Mit der vorliegenden Erfindung wird es möglich, eine Großumformung kontinuierlich, sicher, effizient und produktiv vorzunehmen, die Materialien liefert, die über superplastische Eigenschaften verfügen, während gleichzeitig ihre Anfangsform bewahrt wird.

Beschreibung der Erfindung

[0015] Mit dem Ziel zur Lösung der vorstehend beschriebenen Probleme umfasst die vorliegende Erfindung die folgenden technischen Mittel:

[0016] (1) Einen Apparat zur Großumformung für Materialien auf Metallbasis, aufweisend eine Form A, einen Support-Mechanismus B zum Halten der Form A, sowie einen Drehmechanismus C zum Drehen der Form A, worin:

die Form A einen Formkörper 1 aufweist, 4 Bohrungen 2, die durch den Formkörper 1 hindurchgehen und sich in dessen Inneren schneiden, und eine Einrückvorrichtung 3a zum Einrücken des Drehmechanismus C, wobei jede der Bohrungen 2 mit einem Stempel 5 versehen ist, der sich in Bezug auf jede der Bohrungen 2 gleitend oder auf andere Weise unter Reibung bewegen kann und sich von der Stirnseite des Formkörpers 1 bis zum Schnittpunkt der Bohrungen 2 erstreckt;

der Support-Mechanismus B weist Einspannplatten 6a, 6b und 6c zum Einspannen der äußeren Stirnseiten des Formkörpers 1 mit den Bohrungen 2 sowie Halteplatten 7a und 7b zum Halten des Formkörpers 1 auf; sowie

der Drehmechanismus C eine Einrückvorrichtung 3b zum Einrücken der Einrückvorrichtung 3a aufweist, eine Drehvorrichtung 8, Verbindungsvorrichtung 9 zum Verbinden der Einrückvorrichtung 3b und der Drehvorrichtung B.

[0017] (2) Einen Apparat zur Großumformung, wie er unter (1) festgelegt wurde und der einen Hochdruckmechanismus 10 zum Hochdrücken der Form A aufweist.

[0018] (3) Ein Verfahren zum Anwenden einer Großumformung auf ein Material auf Metallbasis mit Hilfe des Apparates zur Großumformung, wie er vorstehend unter (1) festgelegt wurde, indem ein Schritt der Großumformung und ein Schritt des Drehens kombiniert werden, worin:

ein Schritt der Großumformung einen Schritt des Biegens eines Arbeitsmaterials auf Metallbasis 11 im Inneren von sich schneidenden Bohrungen umfasst und das Aufbringen einer Großumformung durch Einschieben eines eindrückenden Stempels 5, der eingeschoben werden kann und einer der Stempel 5 ist und gleitend oder reibend einen freigebenden Stempel 5 im freigegebenen Zustand entsprechend dem Umfang bewegt, in dem der eindrückende Stempel 5 eingeschoben wird;

ein Drehschritt einen Schritt umfasst, in dem die Form A durch den Drehmechanismus C um 90° gedreht wird, wobei der eindrückende Stempel 5 eingespannt ist und zu einem eingespannten Stempel 5 wird, wobei der freigegebene Stempel zu dem eindrückenden Stempel 5 wird und einer der eingespannten Stempel 5 zu einem freigegebenen Stempel 5 wird; und der Schritt der Großumformung und der Drehschritt alternierend wiederholt werden, um wiederholt und kontinuierlich die Großumformung auszuführen.

[0019] (4) Ein Material zur Großumformung auf Metallbasis, das einer Großumformung mit Hilfe des vorstehend unter (3) festgelegten Verfahrens unterzogen wird, worin die Kristallpartikel der Matrix, die das Material auf Metallbasis aufbauen, vor der Anwendung der Großumformung einer Korngröße von 100 µm oder größer haben und die Kristallpartikel der Matrix, die das Material auf Metallbasis aufbauen, das einer Großumformung unterzogen wird, eine Korngröße von 10 µm oder weniger haben.

[0020] (5) Material zur Großumformung auf Metallbasis, wie es vorstehend unter (4) festgelegt wurde, worin das Material auf Metallbasis ein Material einer Legierung auf Aluminiumbasis, einer Verbundlegierung auf Aluminiumbasis ist mit einer darin dispergierten Verstärkung oder einer Titanlegierung.

[0021] Die vorliegende Erfindung wird nun detaillierter beschrieben.

[0022] Der Apparat der vorliegenden Erfindung, der von den Erfindern entwickelt wurde, um die vorgenannten Probleme zu lösen, ist ein Apparat zur Großumformung, der eine Form A aufweist, einen Support-Mechanismus B zum Halten der Form A und einen Drehmechanismus C zum Drehen der Form A, worin die Form A einen Formkörper 1 aufweist, Bohrungen 2, die durch den Formkörper 1 hindurchgehen und sich in dessen Inneren schneiden, und eine Einrückvorrichtung 3a zum Einrücken des Drehmechanismus C, so dass jede Bohrung 2 mit einem Stempel 5 versehen ist, der sich in Bezug auf die Bohrung 2 gleitend oder auf andere Weise unter Reibung bewegen kann und der sich von der Stirnseite des Formkörpers 1 bis zum Schnittpunkt der Bohrun-

gen 2 erstreckt;

der Support-Mechanismus B weist Einspannplatten 6a, 6b und 6c zum Einspannen der äußeren Stirnseiten des Formkörpers 1 mit den Bohrungen 2 sowie Halteplatten 7a und 7b zum Halten des Formkörpers 1 auf; sowie

der Drehmechanismus C eine Einrückvorrichtung 3b zum Einrücken der Einrückvorrichtung 3a und eine Drehvorrichtung 8 und vorzugsweise einen Hochdruckmechanismus 10 zum Hochdrücken der Form A aufweist.

[0023] Darüber hinaus ist das Verfahren der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Anwenden einer Großumformung auf Materialien mit Hilfe des vorstehend beschriebenen Apparats, indem ein Schritt der Großumformung und ein Drehschritt miteinander kombiniert werden, worin sind:

der Schritt der Großumformung umfasst einen Schritt des Biegens eines Arbeitsmaterials auf Metallbasis 11 im Inneren der sich schneidenden Bohrungen sowie das Anwenden einer Großumformung durch Einschieben eines eindrückenden Stempels 5, der eingeschoben werden kann und einer der vorgenannten Stempel 5 ist und gleitend oder reibend einen freigegebenen Stempel 5 im freigegebenen Zustand entsprechend dem Umfang bewegt, in dem der eindrückende Stempel eingeschoben worden ist;

der Drehschritt einen Schritt des Drehens der Form A um 90° mit Hilfe des Drehmechanismus C umfasst, wodurch der eindrückende Stempel 5 zu einem eingespannten Stempel 5 wird, der vorgenannte freigegebene Stempel zu dem eindrückenden Stempel 5 wird und einer der vorgenannten eingespannten Stempel 5 zu einem freigegebenen Stempel 5 wird; und

der Schritt der Großumformung und der Drehschritt alternierend wiederholt werden, um wiederholt und kontinuierlich die Großumformung auszuführen.

[0024] Entsprechend dem erfindungsgemäßen Apparat zur Großumformung und dem Verfahren zur Großumformung kann das Material 11 zur Großumformung im Inneren des Apparates einer Großumformung unterzogen und in den Bohrungen gebogen werden, die sich im Inneren des Formkörpers schneiden, indem der vorgenannte eindrückende Stempel 5 eingeschoben und ein freigegebener Stempel 5 entsprechend dem Umfang, indem der eindrückende Stempel 5 eingeschoben worden ist, gleitend oder reibend bewegt wird. Der eindrückende Stempel 5 wird zu einem eingespannten Stempel 5 und der freigegebene Stempel 5 wird zu einem eindrückenden Stempel 5, und einer der eingespannten Stempel 5 wird ein freigegebener Stempel 5 als Ergebnis der Tatsache, dass der eindrückende Stempel 5 in der gleichen Höhe wie die äußere Stirnseite des Formkörpers 1 mit den Bohrungen 2 eingeschoben worden ist, wobei die Form A sodann mit Hilfe des vorgenannten Hochdruckmechanismus 10 (wie in Fig. 3 gezeigt wird) hochgedrückt und die Form A mit Hilfe des Drehmechanismus C um 90° gedreht wird. In diesem Schritt kann daher der als ein neuer eindrückender Stempel 5 dienende Stempel eingeschoben werden und macht es möglich, dass das Arbeitsmaterial 11 kontinuierlich im Inneren des Formkörpers 1 einer Großumformung unterzogen wird, ohne herausgenommen zu werden, so dass das Arbeitsmaterial 11 mit Hilfe eines kontinuierlichen Verfahrens zur Großumformung bearbeitet wird.

[0025] Die Höhe der Einrückvorrichtung 3a variiert während dieser Drehung aufgrund des Abstandes zwischen der Mitte des Formkörpers 1 und der äußeren Stirnseite mit einer Bohrung 2, der von dem Abstand zwischen der Mitte des Formkörpers und einer äußeren Stirnseite 4 ohne eine Bohrung 2 verschieden ist, wobei jedoch der Drehmechanismus C mit einem Mechanismus ausgestattet werden kann, worin der Verbindungsmechanismus 9 oder der Ständer zum Halten des Verbindungsmechanismus 9 mit einem Schlitz ausgestattet sind und die Verbindungsvorrichtung 9 oder der Ständer in vertikale Richtung entlang dieses Schlitzes gleiten und es dadurch ermöglichen, dass der Formkörper ohne Auftreten irgendwelcher Probleme stoßfrei drehen kann.

[0026] Damit lässt sich der Formkörper 1 zum nächsten Arbeitsschritt durch bloßes Drehen um 90° verschieben, ohne dass jedes Mal das Werkstück herausgenommen werden muss, um das Werkstück nachzuheizen oder ohne dass irgendwelche Energie oder Zeit für ein solches Nachheizen aufgewandt werden müssen. Damit lässt sich die Großumformung wirtschaftlich, effizient, sicher und kontinuierlich anwenden.

[0027] Wenn beispielsweise Legierungsmaterial auf Aluminiumbasis, das die Dendritstruktur mit einer sehr großen Kristallkorngröße (mehrere 100 µm) hatte, weil das Material durch Gießen hergestellt worden war, unter Anwendung des erfindungsgemäßen Apparates zur Großumformung und des Verfahrens zur Großumformung bearbeitet wurde, wurde die Kristallkorngröße bis zwischen 5 und 10 µm nach Ausführung von lediglich 10 Arbeitstakten bei einer Arbeitstemperatur von 350° bis 450°C verringert. Das Material wurde Zugprüfungen bei einer Temperatur von 450°C, und einer Dehnungsgeschwindigkeit von 6×10^{-4} bis $1,2 \times 10^{-2}$ unterworfen und es wurde festgestellt, dass der m-Wert, der ein wichtiger Indikator für die superplastischen Eigenschaften ist, etwa 0,2 betrug und die Gesamtdehnung etwa 120% betrug. Auf diese Weise wurde erkannt, dass selbst Gussstücke, von denen nicht zu erwarten war, dass sie anfangs aufgrund ihrer dendritischen Struktur über Su-

perplastizität verfügen, superplastisch gemacht werden konnten, was demonstriert, dass Materialien unter Anwendung des Apparates zur Großumformung nach der vorliegenden Erfindung eine kontinuierliche Anwendung der Großumformung von nicht mehr als etwa 10 Mal nach dem Verfahren zur Großumformung der vorliegenden Erfindung benötigen.

[0028] Es wird nun ein bevorzugtes Beispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen detailliert beschrieben.

[0029] Wie in **Fig. 4** und **5** gezeigt wird, werden Stempel **5** von gleicher Länge in Bohrungen **2** eingesetzt, die die gleichen Querschnittflächen haben und eine durch den Querschnitt gehende Bohrung **2** in dem Formkörper **1** bilden. Von den 4 Bohrungen **2** werden die Stempel **5** im Kontakt mit den Einspannplatten **6a** und **6b** eingespannt, während die anderen 2 Stempel in einem freigegebenen Zustand bleiben, von denen der eine der zwei eindrückenden Stempel **5** entfernt ist.

[0030] Wenn ein Material auf Metallbasis **11** zur Großumformung in diesem Zustand als Arbeitsmaterial in die Bohrung **2** eingesetzt wird, die durch einen eindrückenden Stempel **5** verschlossen werden muss, wird der eindrückende Stempel **5** in diese Bohrung **2** eingesetzt und der eindrückende Stempel **5** von oben eingedrückt und eingeschoben und das Material **11** zur Großumformung in Richtung des freigegebenen Stempels **5** extrudiert. In dem Verfahren erhält das Material **11** zur Großumformung eine starke Scherverformung in der sich schneidenden Bohrung. Das Einschieben des eindrückenden Stempels **5** wird angehalten, wenn der eindrückende Stempel **5** bis zu der gleichen Höhe vorgeschoben worden ist wie die äußere Stirnseite des Formkörpers **1**. In dem nachfolgend beschriebenen bevorzugten Beispiel wird die Einspannplatte **6a** mit einem Hochdruckmechanismus **10** zum Hochdrücken der Form **A** ausgestattet und die Form **A** mit Hilfe des Hochdruckmechanismus **10** in der in **Fig. 3** gezeigten Weise hochgedrückt, wobei der Drehmechanismus **C** bewirkt, dass die Einrückvorrichtung **3b** des Drehmechanismus **C** in die Einrückvorrichtung **3a** des Formkörpers **1** eingreift, der so konzipiert ist, dass der Drehmechanismus **C** eingreift, womit die Form **A** um 90° mit Hilfe des Drehmechanismus **C** gedreht wird, der Hochdruckmechanismus **10** zurückgezogen wird und die Form **A** in ihre ursprüngliche Position zurückgedreht wird, wonach der eindrückende Stempel **5** und der eingespannte Stempel **5** mit den Einspannplatten **6b** bzw. **6a** entsprechend der Darstellung in **Fig. 5c** in Kontakt gelangen. Der eindrückende Stempel **5** nimmt einen freigegebenen Zustand an, während der freigegebene Stempel **5** einen Zustand annimmt, in welchem er eingeschoben werden kann.

[0031] Ein mit dem in **Fig. 5a** identischer Zustand lässt sich auf diese Weise reproduzieren, indem lediglich der Zustand jedes Stempels in Schritten von 90° verändert wird. Durch Wiederholung dieser Schritte kann in einem sich beständig wiederholenden Muster dem Material zur Großverformung eine starke Scherverformung in den erforderlichen Beträgen ohne jede Einschränkung vermittelt werden. Ein anderes charakteristisches Merkmal besteht darin, dass die Scherverformung in besonders effizienter Weise aufgebracht werden kann, da die Krümmungsrichtung umgekehrt werden kann und die Großverformung intermittierend in Schritten von 180° auf das Material zur Großumformung angewendet werden kann. Es ist daher möglich, ein Material der Großumformung, das aus ultrafeinen Kristallkörner aufgebaut ist, lediglich durch Wiederholen der vorstehend beschriebenen Prozedur der vorgenannten erforderlichen Male zu erhalten, ohne dass irgendwelche Beschränkungen auferlegt werden. Die Prozedur wird üblicherweise etwa 10 Mal und jedoch nicht mehr als etwa 20 Mal wiederholt.

[0032] Obgleich die vorstehende Beschreibung unter Bezugnahme auf die Drehung in einer einzigen Richtung ausgeführt wurde, ist es offensichtlich, dass eine identische Wirkung unter Anwendung eines Mechanismus erhalten werden kann, der ein Spiegelbild des vorstehend beschriebenen Mechanismus in Bezug auf Anordnung und Reihenfolge ist und der das Drehen der Form **A** in der entgegengesetzten Richtung in Bezug der vorstehend beschriebenen Richtung umfasst.

[0033] Aus Gründen der Einfachheit wurde der Formkörper **1** so beschrieben, als hätte er eine oktagonale äußere Form, wobei er jedoch mehr bevorzugt für die äußeren Stirnseiten **4** ohne die Bohrungen **2** ist, wenn er einen Bogen um die vorgenannten, sich schneidenden Bohrungen ausführt, weil die in diesem Fall vorstehend beschriebene Drehung glatter ausgeführt werden kann.

[0034] Wie ebenfalls in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt wird, erübrigt sich durch Auswahl einer dicken Scheiben für die äußere Form des Formkörpers **1** die Notwendigkeit für den vorstehend beschriebenen Hochdruckmechanismus **10** und den Schritt des Hochdrückens, wodurch es möglich wird, eine Großumformung mit hoher Wirksamkeit zu erzielen.

[0035] In diesem Fall ist offensichtlich, dass Stifte 12, Keile oder andere Stopp-Mechanismen vorgesehen werden müssen, um die Bohrungen in den vorgeschriebenen Positionen zu stoppen.

[0036] Auf diese Weise lassen sich Materialien der Großumformung kontinuierlich einer Großumformung als Massengut unterziehen, ohne dass sie aus der Form herausgenommen werden müssen oder zu dünnen Teilen oder dünnen Drähten ausgeformt werden müssen. Daher lassen sich eine dynamische oder statische Erholung und Rekristallisation vereinen und die Kristallkörner der Materialien der Großumformung hinsichtlich der Größe verkleinern. Nachfolgend werden strukturelle Elemente der vorliegenden Erfindung detaillierter beschrieben.

Formkörper

[0037] Das Formmaterial lässt sich in einer Vielzahl von Möglichkeiten entsprechend der Arbeitstemperatur des Materials oder des Typs des zu verwendenden Arbeitsmaterials auswählen. Ein SKD-Material und vorzugsweise SKD-61 sollte dann verwendet werden, wenn es sich bei dem Arbeitsmaterial um ein niedrigschmelzendes Metall auf Aluminiumbasis handelt. MDCK wird dann bevorzugt, wenn es sich bei dem Arbeitsmaterial um eine Kupferlegierung oder ein Material auf Titanbasis handelt.

[0038] Ein polygonaler Querschnitt wurde verwendet, um die äußere Kontur der Form zu vereinfachen, wobei jedoch die Ecken der Form so weit wie möglich weggelassen werden sollten, um eine nahezu kreisförmige Form entsprechend der vorstehenden Beschreibung zu erhalten.

[0039] Die Querschnittform der Bohrungen kann entsprechend der geforderten Form des fertigen Werkstückes festgelegt werden. Üblicherweise ist die Form kreisrund, kann jedoch nach Erfordernis vierseitig oder auf andere Weise polygonal sein.

Stempel

[0040] Ähnlich wie das Formmaterial kann das Material des Stempels in einer Vielzahl von Möglichkeiten entsprechend der Arbeitstemperatur des Materials oder des Typs des zu verwendenden Arbeitsmaterials ausgewählt werden. Ein SKD-Material und bevorzugt SKD-61 sollten dann verwendet werden, wenn das Arbeitsmaterial ein niedrigschmelzendes Metall auf Aluminiumbasis ist. Ein MDCK wird dann bevorzugt, wenn das Arbeitsmaterial eine Kupferlegierung oder ein Material auf Titanbasis ist.

[0041] Die äußere Form der Stempel kann entsprechend der erforderlichen Form des fertigen Werkstücks festgelegt werden und sollte mit der Gestalt der Form übereinstimmen. Die Form ist üblicherweise kreisrund, kann jedoch nach Erfordernis auch vierseitig oder auf andere Weise polygonal sein. In Abhängigkeit vom Typ des Arbeitsmaterials können die Temperatur der Großumformung und dergleichen und eine Vielzahl von Bedingungen für das Spiel zwischen den Stempeln und den Formbohrungen ausgewählt werden.

[0042] Angesichts des Festfressens, des Klemmens des Werkstückes und dergleichen wird üblicherweise ein Spiel von 0,1 bis 0,3 μm bevorzugt.

Support-Mechanismus

[0043] Der Support-Mechanismus sollte eine gewisse Hitzebeständigkeit haben, da er üblicherweise zusammen mit dem Formkörper Arbeitstemperaturen ausgesetzt ist.

Drehmechanismus

[0044] Der Mechanismus unterliegt keinerlei Einschränkungen so lange er für eine Drehung von 90° des Formkörpers, des Arbeitsmaterials und der Stempel sorgen kann.

[0045] Ein bevorzugtes Beispiel für einen solchen Mechanismus ist ein solcher, in dem ein sechseckiger Vorsprung (der Kopf eines sechseckigen Bolzens) in der Nähe des Drehzentrums des Formkörpers 1 vorgesehen ist. Der Mechanismus umfasst außerdem einen sechseckigen Schlüssel, der auf diesen Vorsprung passt, sowie einen Ständer zum Halten des Schlüssels. Der Ständer ist außerdem mit einem Schiebemechanismus zur Gewährleistung der Vertikalbewegung der Einrückvorrichtung 3b, der Drehvorrichtung 8 und der Verbindungsvorrichtung 9 ausgestattet.

Material auf Metallbasis für die Großumformung

[0046] Das Arbeitsmaterial zur Großumformung, das gemäß der vorliegenden Erfindung zur Anwendung gelangt, ist keinerlei Beschränkungen hinsichtlich seiner Eigenschaften so lange unterworfen, wie es sich um ein plastisch verformbares Material handelt, wobei dieses vorzugsweise jedoch ein relativ niedrighschmelzendes Gussmaterial aus einem Nichteisenmetall ist oder ein Verbundmaterial aus einem Nichteisenmetall, das Partikel hoher Härte darin dispergiert enthält und das für eine Nachbehandlung nicht zugänglich ist. Die Großumformung der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise angewendet werden auf Legierungen auf Magnesiumbasis; Legierungen auf Magnesiumbasis, die dispergiert verstärkende Partikel oder Whisker enthalten; Legierungen auf Aluminiumbasis, Legierungsverbundmaterial auf Aluminiumbasis, das dispergiert verstärkende Partikel oder Whisker enthält; Legierungen auf Titanbasis und Kupferlegierungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0047] Es zeigen:

[0048] **Fig. 1** eine Außenansicht des Apparats zur Großumformung mit den entfernten Halteplatten und Drehmechanismus C;

[0049] **Fig. 2** eine Seitenansicht des Apparats zur Großumformung;

[0050] **Fig. 3** eine Seitenansicht des Apparats zur Großumformung in einem Zustand, in dem die Form A gedreht werden kann, während sie mit einem Hochdruckmechanismus 10 hochgedrückt wird;

[0051] **Fig. 4** eine Außenansicht des Apparats zur Großumformung in einem Zustand, indem in den Bohrungen in dem Formkörper das Metallmaterial einer Großumformung unterworfen wird und die Stempel dargestellt sind mit entfernten Halteplatten und Drehmechanismus C;

[0052] **Fig. 5** einen Querschnitt zur schematischen Darstellung der Schritte der Großumformung;

[0053] **Fig. 6** eine Außenansicht zur Darstellung einer Modifikation des Apparates zur Großumformung, eines als eine dicke Scheiben geformten Formkörpers mit entfernten Halteplatten und Drehmechanismus C;

[0054] **Fig. 7** eine Seitenansicht eines Apparates zur Großumformung, dessen Formkörper als eine dicke Scheibe geformt ist;

[0055] **Fig. 8** eine Mikrophotographie anstatt einer Zeichnung zur Darstellung der Mikrostruktur eines Metallmaterials vor und nach der Großumformung ((a): vor der Großumformung, (b): nach 6 Arbeitstakten der Großumformung, (c): nach 10 Arbeitstakten der Großumformung, (d): nach 20 Arbeitstakten der Großumformung).

[0056] In den Zeichnungen ist A eine Form, B ist ein Support-Mechanismus, C ist ein Drehmechanismus, 1 ist ein Formkörper, 2 ist eine Bohrung, 3a und 3b sind Einrückvorrichtungen, 4 ist eine äußere Stirnseite ohne die Bohrungen 2, 5 ist ein Stempel, 6 ist eine Einspannplatte, 7 ist eine Halteplatte, 8 ist eine Drehvorrichtung, 9 ist eine Verbindungsvorrichtung, 10 ist ein Hochdruckmechanismus, 11 ist ein Material zur Großumformung auf Metallbasis und 12 ist ein Dreh-Anschlagstößel.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Beispiel 1

[0057] Die vorliegende Erfindung wird nun detailliert auf der Grundlage von Arbeitsbeispielen beschrieben, wobei diese Arbeitsbeispiele jedoch lediglich bevorzugte Beispiele der vorliegenden Erfindung darstellen und die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf diese Arbeitsbeispiele beschränkt ist.

[0058] Eine AC4C-Legierung wurde als Ausgangsmaterial verwendet und diese unter Verwendung einer Drehbank zu einer zylindrischen Form mit einem Durchmesser von 20 mm und einer Länge von 40 mm bearbeitet und ihre Außenseite mit einem Graphit-Schmiermittel zur Erleichterung der Extrusion beschichtet.

[0059] Die Arbeitstemperatur wurde auf 623K, 673K und 723K eingestellt und die Zahl der Arbeitstakte auf 6, 10 und 20. Wie in den Mikrophotographien anstelle der Zeichnung in Fig. 8 gezeigt wird, betrug deren Kristall-

korngroße etwa 100 µm, 50 µm bzw. 5 µm. Außerdem wurden bei variabler elastischer Verformungsgeschwindigkeit Tests ausgeführt, um die plastischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen zu messen. Als Ergebnis wurde der m-Wert, bei dem es sich um eine Verformungsgeschwindigkeit-Empfindlichkeitskennzahl handelt, mit 0,21 festgestellt und in Tabelle 1 gezeigt. Mit anderen Worten, wurde eine nahezu superplastische Charakteristik erhalten. Im Gegensatz dazu wurden lediglich 25% Gesamtdehnung als Ergebnis ähnlicher Zugversuche erhalten, bei denen das gleiche Ausgangsmaterial verwendet wurde, wobei dieses Material jedoch nicht der Verformung unterworfen wurde, die durch den Apparat zur Großumformung der vorliegenden Erfindung aufgebracht wird.

Tabelle 1

Verformungsgeschwindigkeit (l/s)	Dehnung (%)
6×10^{-4}	111
$2,5 \times 10^{-3}$	79
6×10^{-3}	126
$1,2 \times 10^{-2}$	98

Beispiel 2

[0060] Es wurde eine Aluminiumlegierung 2024 als Verbundmaterial als Arbeitsmaterial verwendet, worin 27% Siliciumnitrid-Whisker für Verstärkungszwecke dispergiert waren. Die Großumformung wurde unter den gleichen Bedingungen wie im Arbeitsbeispiel 1 ausgeführt und Hochtemperatur-Zugversuche bei 460° bis 540°C vorgenommen. Es wurde die in Tabelle 2 gezeigte Dehnung erhalten und der m-Wert betrug 0,34, was darauf hinweist, dass Superplastizität erzielt worden ist. Im Gegensatz dazu wurden bei Raumtemperatur bzw. 450°C lediglich 2% bzw. 10% Gesamtdehnungen als Ergebnis ähnlicher Zugversuchs erhalten, bei denen das gleiche Ausgangsmaterial verwendet wurde, wobei dieses Material jedoch nicht der Verformung unterworfen wurde, die mit Hilfe des Apparates zur Großumformung der vorliegenden Erfindung aufgebracht wird.

Tabelle 2

Verformungsgeschwindigkeit (l/s)	Dehnung (%)
4×10^{-2}	100
1×10^{-1}	130
2×10^{-1}	148
4×10^{-1}	149
9×10^{-1}	125

Beispiel 3

[0061] Als Ausgangsmaterial wurde Titanlegierung Ti-6Al-4V verwendet. Nachdem eine Großumformung 5 Mal bei 650°C in ähnlicher Weise wie im Arbeitsbeispiel 1 aufgebracht worden war, konnte der mittlere Korndurchmesser bis etwa 3 µm verringert werden, was zur Superplastizität führte.

[0062] Damit erlaubt der Apparat zur Großumformung nach der vorliegenden Erfindung die kontinuierliche, sichere, effiziente und produktive Anwendung einer Großumformung auf konventionelle Materialien ohne superplastische Merkmale und führt zu Materialien, die superplastische Merkmale besitzen, während gleichzeitig ihre anfängliche Form bewahrt wird.

[0063] Während es in der konventionellen Praxis außerordentlich schwierig ist, Gussstücke mit hervorragenden superplastischen Merkmalen zu schaffen oder beim Erzielen derartiger Merkmale eine Einbusse der Leistungsfähigkeit hinzunehmen, ist der erfindungsgemäße Apparat zur Großumformung kommerziell sehr vorteilhaft, weil er die Anwendung einer Großumformung wirksam, produktiv und sicher möglich macht.

Patentansprüche

1. Apparat zur Großumformung von Materialien auf Metallbasis, aufweisend eine Form (A), einen Support-Mechanismus (B) zum Halten der Form (A) und einen Drehmechanismus (C) zum Drehen der Form (A), **dadurch gekennzeichnet**, dass:

die Form A aufweist: einen Formkörper (1), 4 Bohrungen (2), die durch den Formkörper (1) hindurchgehen und sich in dessen Inneren schneiden, und eine Einrückvorrichtung (3a) zum Einrücken des Drehmechanismus (C), wobei jede der Bohrungen (2) mit einem Stempel (5) versehen ist, der sich im Bezug auf jede der Bohrungen (2) gleitend oder auf andere Weise unter Reibung bewegt und sich von der Stirnseite des Formkörpers (1) bis zum Schnittpunkt der Bohrungen (2) erstreckt;

der Support-Mechanismus (B) aufweist: Einspannplatten (6a, 6b und 6c) zum Einspannen der äußeren Stirnseiten des Formkörpers (1) mit den Bohrungen (2) sowie Halteplatten (7a und 7b) zum Halten des Formkörpers (1); sowie

der Drehmechanismus (C) aufweist: eine Einrückvorrichtung (3b) zum Einrücken der Einrückvorrichtung (3a), eine Drehvorrichtung (8), Verbindungsvorrichtung (9) zum Verbinden der Einrückvorrichtung (3b) und der Drehvorrichtung (8).

2. Apparat zur Großumformung nach Anspruch 1, aufweisend einen Hochdruckmechanismus (10) zum Hochdrücken der Form (A).

3. Verfahren zum Anwenden einer Großumformung auf ein Material auf Metallbasis mit Hilfe des Apparats zur Großumformung nach Anspruch 1, durch Vereinen eines Schrittes der Großumformung und eines Drehschrittes, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

ein Schritt der Großumformung einen Schritt des Biegens eines Arbeitsmaterials auf Metallbasis (11) im Inneren der sich schneidenden Bohrungen umfasst und das Anwenden einer Großumformung durch Einschieben eines eindrückenden Stempels (5), der so eingeschoben werden kann, dass er einer der Stempel (5) ist und gleitend oder reibend einen freigegebenen Stempel (5) im freigegebenen Zustand entsprechend dem Umfang bewegt, in dem der eindrückende Stempel (5) eingeschoben worden ist;

ein Drehschritt einen Schritt umfasst, in dem die Form (A) durch den Drehmechanismus (C) um 90° gedreht wird, wobei der eindrückende Stempel (5) eingespannt ist und zu einem eingespannten Stempel (5) wird, wobei der freigegebene Stempel zu dem eindrückenden Stempel (5) wird und einer der eingespannten Stempel (5) zu einem freigegebenen Stempel (5) wird; und der Schritt der Großumformung und der Drehschritt alternierend wiederholt werden, um wiederholt und kontinuierlich die Großumformung auszuführen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei welchem die Kristallpartikel der Matrix, die das Material auf Metallbasis aufbauen, vor der Anwendung der Großumformung eine Korngröße von 100 Mikrometer oder größer haben und die Kristallpartikel der Matrix, die das Material auf Metallbasis aufbauen, das der Großumformung unterworfen ist, eine Korngröße von 10 Mikrometer oder weniger haben.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei welchem das Material auf Metallbasis eine Legierung auf Aluminiumbasis, ein Legierungsverbundmaterial auf Aluminiumbasis mit einer darin dispergierten Verstärkung oder eine Titanlegierung ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

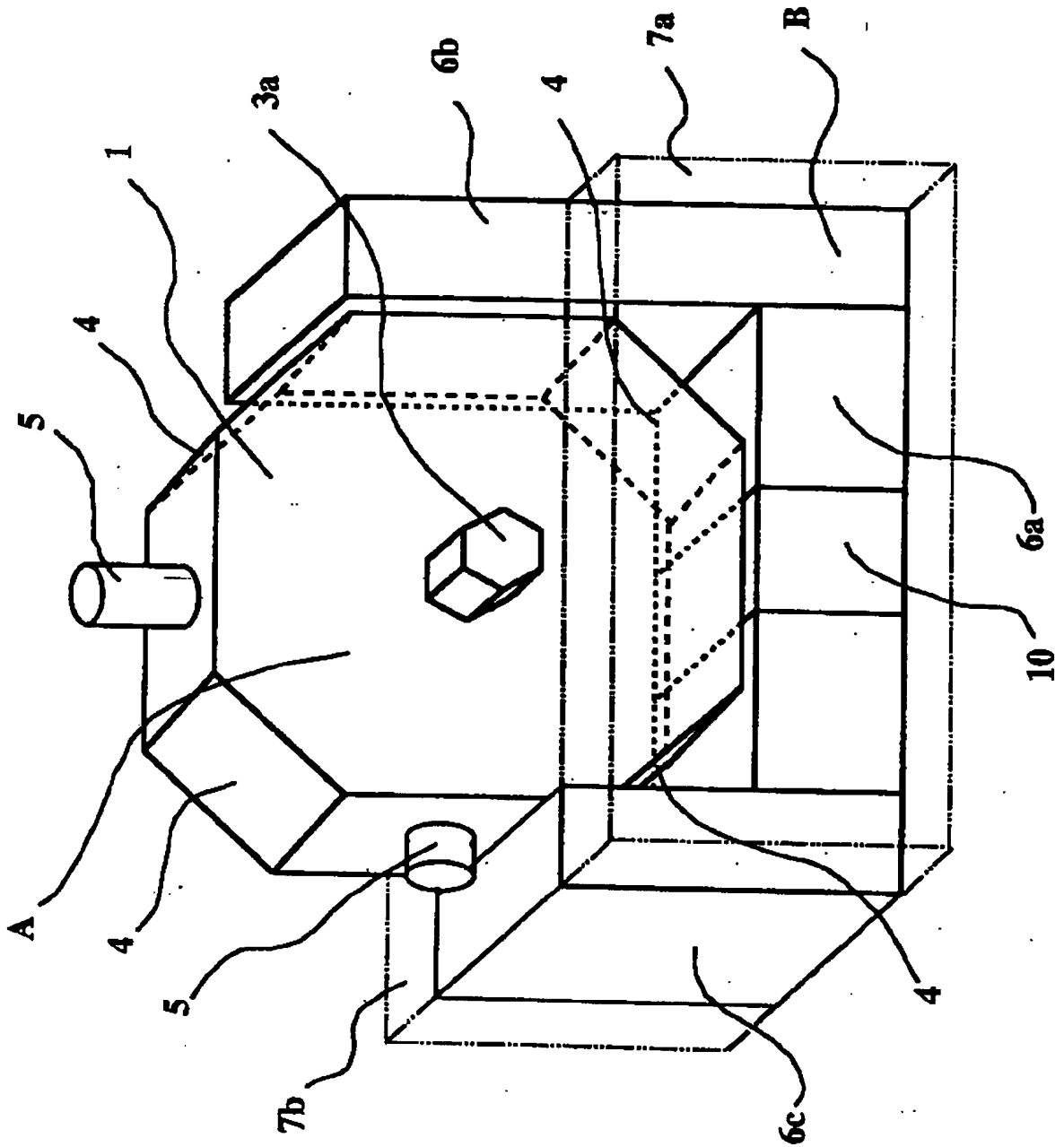


Fig. 1

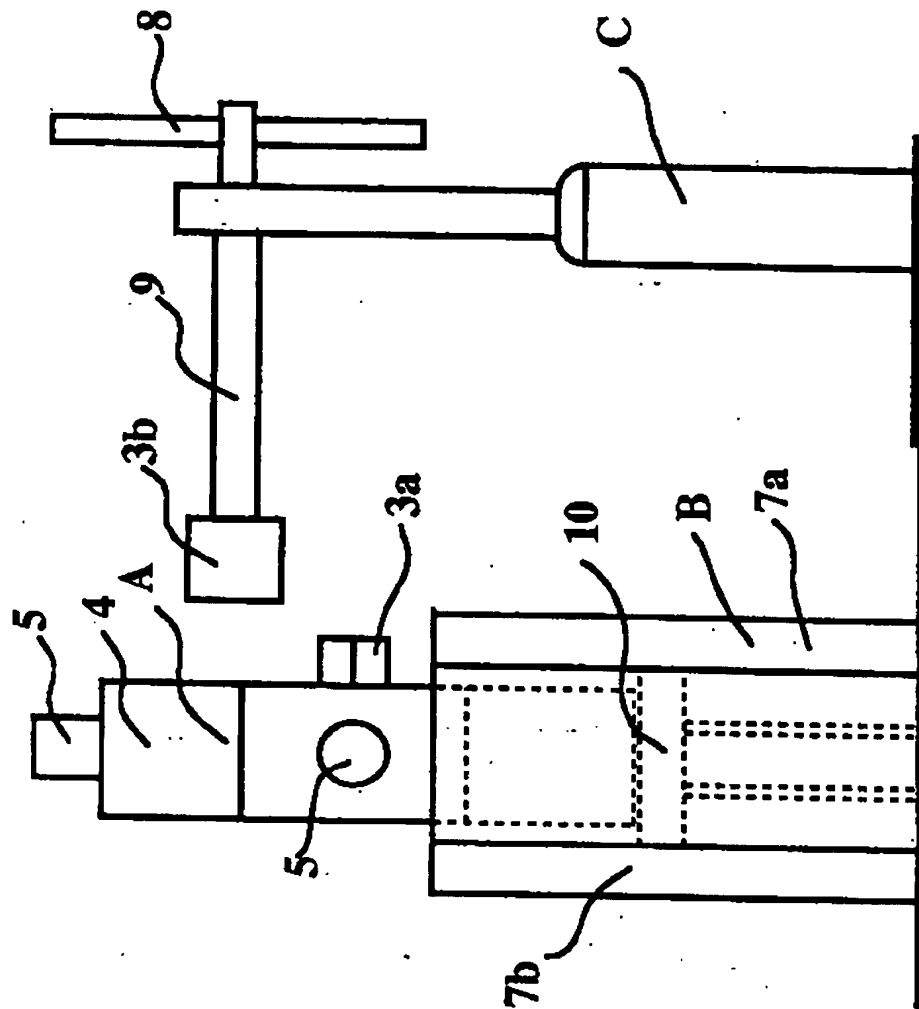


Fig. 2

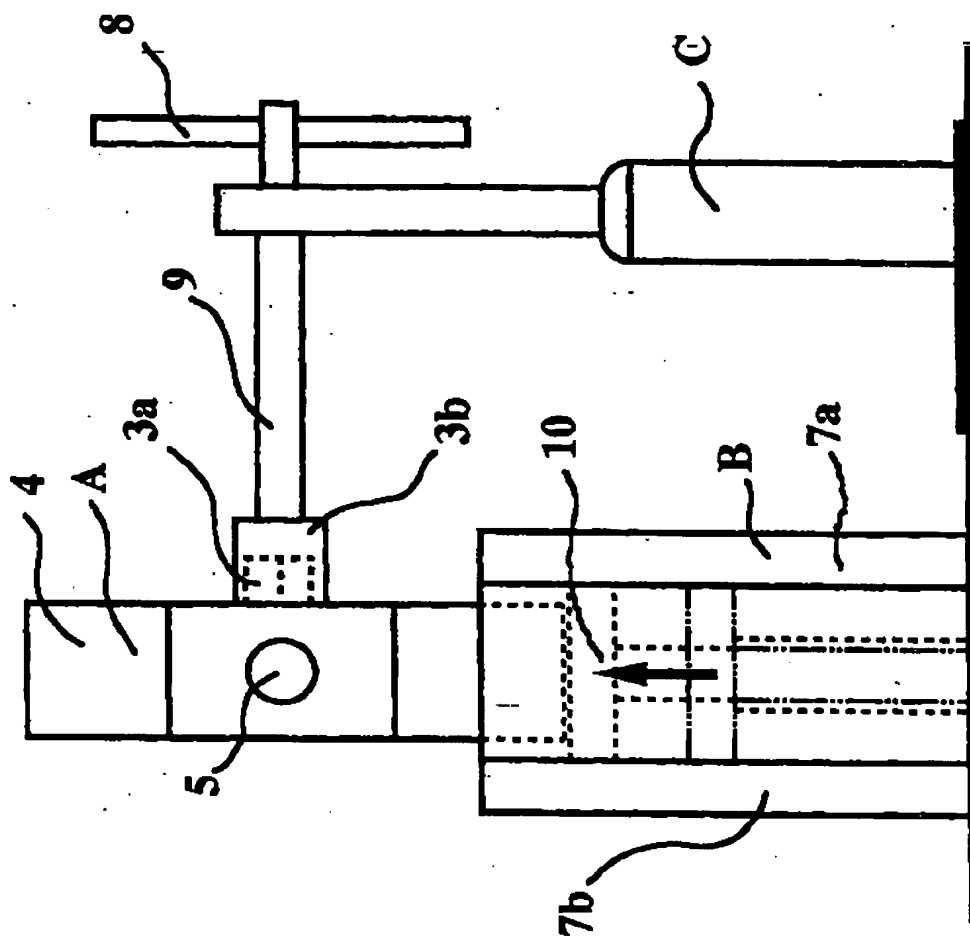


Fig. 3

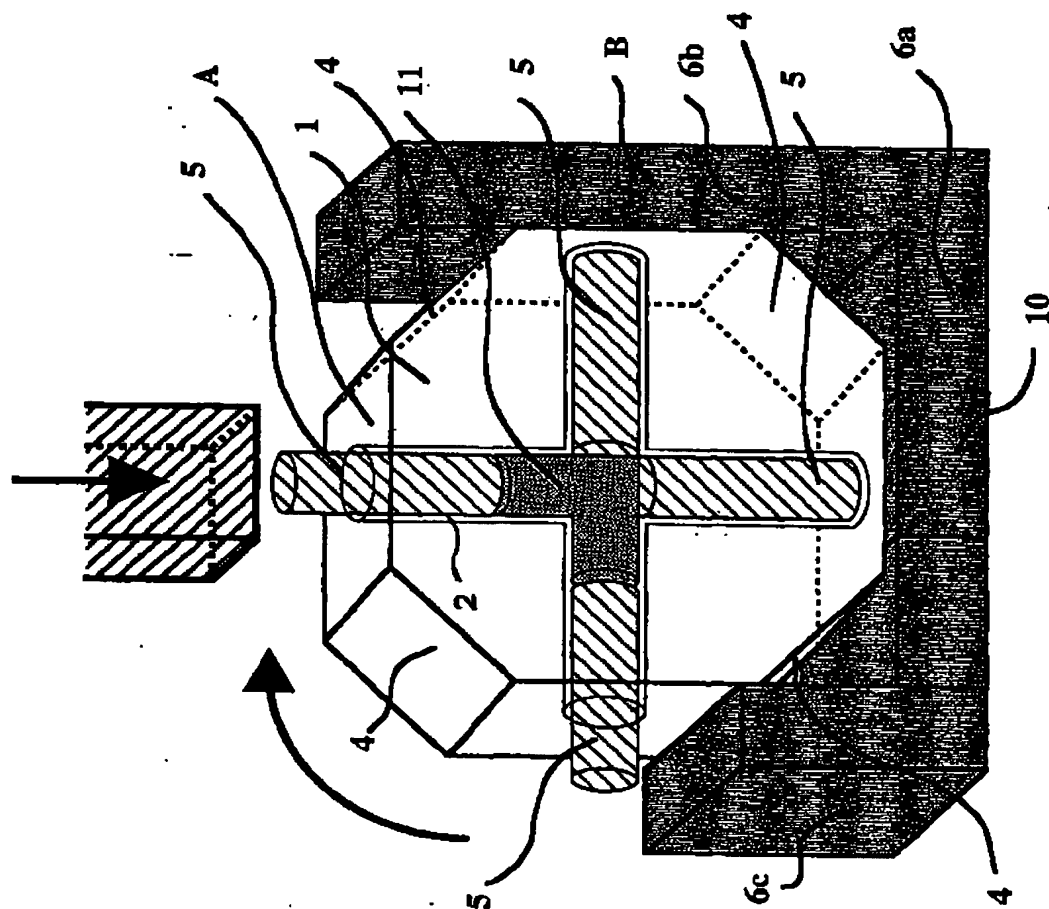


Fig. 4

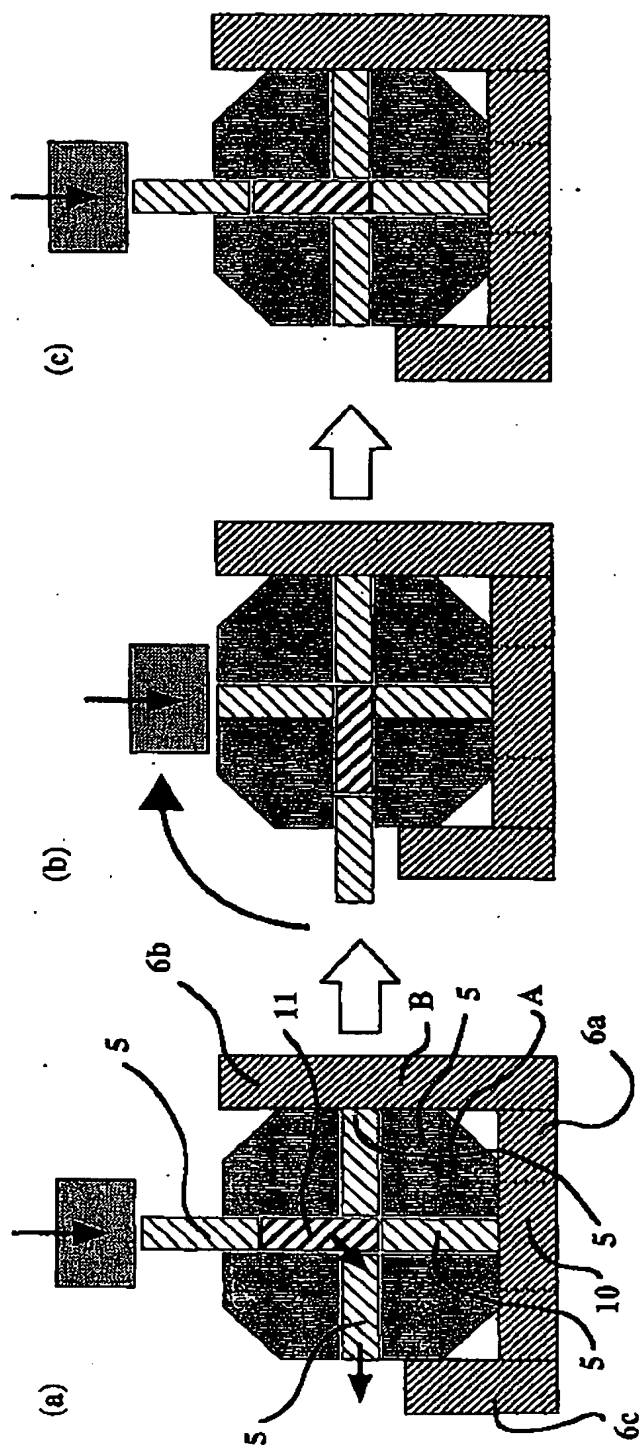


Fig. 5

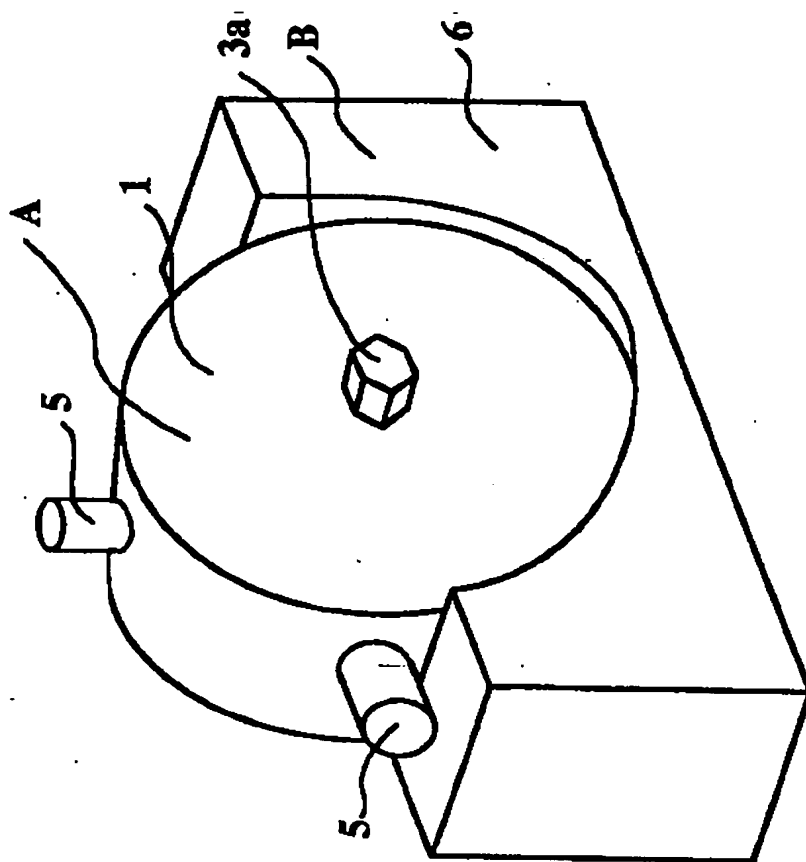
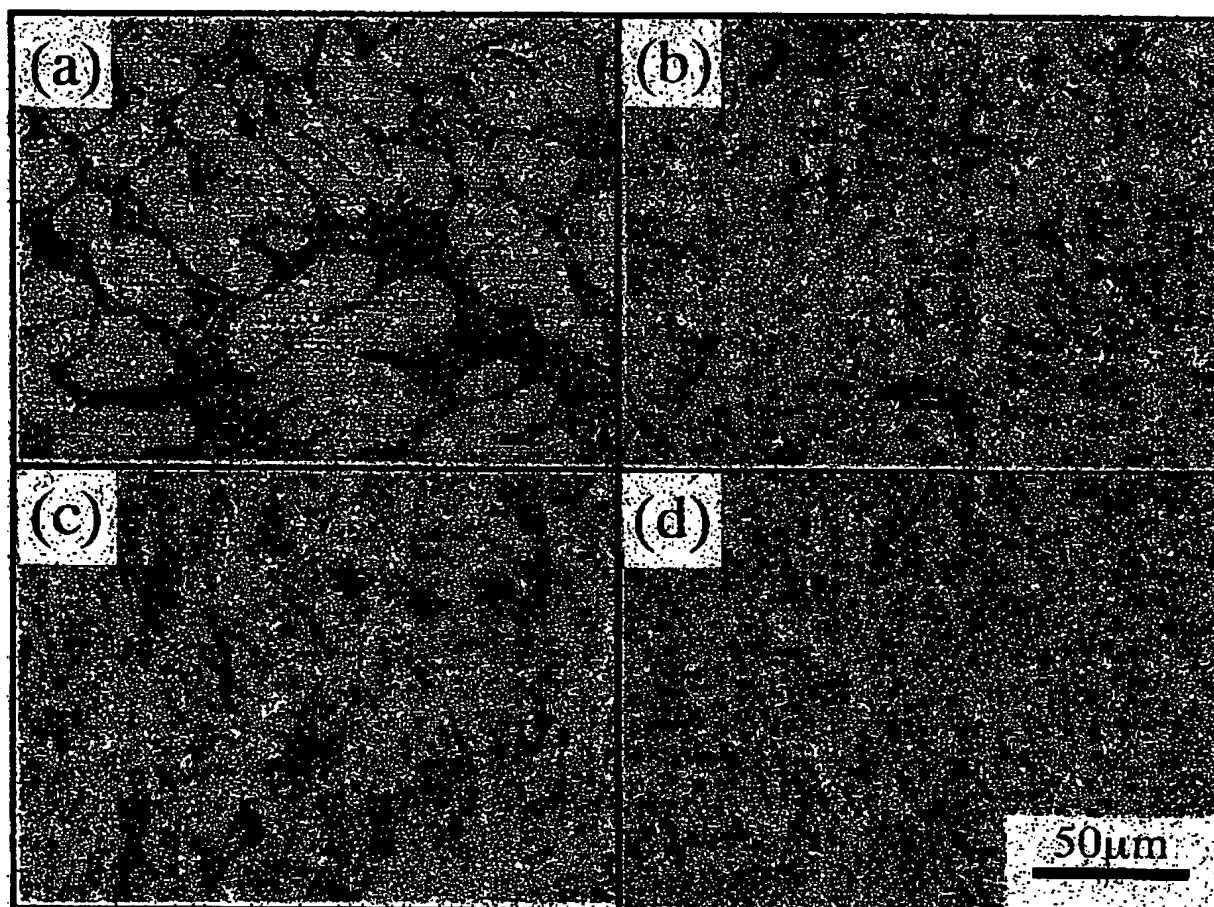


Fig. 6



F i g. 8